

**Отзыв официального оппонента
доктора технических наук, профессора
Колтышева Евгения Евгеньевича**

на диссертацию Орешкиной Маргариты Валерьевны «Имитация радиосигналов, отраженных от поверхности земли, на основе цифровых карт местности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность работы. Имитационное моделирование широко используется для снижения стоимости оценки характеристик радиотехнических систем (РТС).

Традиционно при имитации земную поверхность представляют статистически однородной. Однако для воспроизведения эхосигналов современных РТС необходимо использовать более подробные модели поверхности, представляющие ее как неоднородную структуру, содержащую совокупность различных покровов.

Диссертационная работа М.В. Орешкиной посвящена обоснованию требований к модели статистически неоднородной поверхности в зависимости от параметров испытываемой РТС. Так же в работе описаны методы имитации эхосигналов на её основе.

Тема диссертационного исследования является актуальной.

Объем и содержание работы. Диссертационная работа М.В. Орешкиной представлена на 171 странице и включает (помимо основного текста) 3 приложения, список литературы из 105 наименований, а также 7 рисунков и 7 таблиц.

Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения и трех приложений.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования. Сформулированы цель и задачи диссертации, научная новизна полученных результатов, а также их практическая значимость. Приведены положения, выносимые на защиту. Обоснована достоверность результатов. Представлены сведения об апробации и внедрении. Охарактеризованы основные публикации, а также личный вклад автора.

Первый раздел диссертации посвящен обзору свойств отражений от земной поверхности и способов их моделирования.

Рассмотрены математические модели поверхности и основные методы моделирования отражений от неё.

Оценено влияние неоднородности покровов на характеристики межпериодных и внутривариационных флуктуаций эхосигналов.

Установлено влияние дискретности модели распределения удельной эффективной поверхности рассеяния (УЭПР) по поверхности земли на энергетические и корреляционные характеристики имитируемых эхосигналов.

По результатам обзора сформулированы цель и задачи исследования.

Во втором разделе рассмотрено влияние дискретности распределения УЭПР на характеристики имитируемых эхосигналов.

Предложен способ определения шага дискретизации карты исходя из допустимых погрешностей моделирования отражающих свойств земли, диаграмм направленности антенн и излучаемого сигнала РТС, а также корреляционных функций эхосигналов. Способ позволяет определить шаг дискретизации по азимутальной и радиальной координате на основе анализа спектральных характеристик (верхних частот в спектрах функций) распределения УЭПР и функций, описывающих диаграммы направленности антенны и комплексную огибающую излучаемого сигнала РТС.

Получены соотношения для оценки верхних частот в спектрах функций, описывающих форму диаграммы направленности антенны и вида излучаемого сигнала РТС. Приведены оценки шага дискретизации распределения УЭПР для статистически однородных и неоднородных поверхностей.

Предложен альтернативный (спектральному) подход выбора шага дискретизации на основе заданного относительного уровня ошибок задания математического ожидания и дисперсии УЭПР.

Третий раздел посвящен обоснованию методов формирования имитируемого сигнала.

Предложены пути снижения объема вычислений, выполняемых в реальном масштабе времени.

Обоснованы условия, при выполнении которых можно отказаться от имитации микромасштабной составляющей УЭПР, что позволяет значительно снизить объем вычисляемых отсчетов имитируемого сигнала.

Предложен и развит подход, заключающийся в предварительной фильтрации карты местности, позволяющий увеличить шаг дискретизации цифровой модели поверхности без потери точности воспроизведения характеристик эхосигналов по ней.

Рассмотрена возможность представления земной поверхности моделью, составленной из точек, формирующих взаимосвязанные сигналы.

В четвертом разделе полученные теоретические результаты развиты до уровня практического применения.

Разработан обобщенный алгоритм синтеза цифровой карты распределения УЭПР по поверхности земли. На базе этого алгоритма разработано программное обеспечение программно-аппаратного комплекса имитации эхосигналов радиолокационной станции обзора воздушного пространства. Представлены результаты его испытаний, подтверждающие правильность теоретических результатов работы.

В заключении обобщены результаты диссертационного исследования. Приведены рекомендации по их практическому применению. Предложены направления дальнейших исследований в рамках выбранной темы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Научная новизна работы М.В. Орешкиной заключается в разработке подходов к оценке влияния дискретности распределения отражающих

свойств подстилающей поверхности, заданного цифровой картой местности, на энергетические и корреляционные свойства сигналов, имитирующих отражения от нее. Кроме того, к новым результатам можно отнести соотношения, обосновывающие отказ от имитации микромасштабных неоднородностей отражающих свойств поверхности земли. Новыми являются полученные автором пути снижения частоты дискретизации цифровой карты за счет ее низкочастотной фильтрации.

Ценность работы. Полученные в диссертационной работе результаты имеют теоретическую и практическую ценность.

Теоретическая ценность заключается в обосновании и развитии спектрального подхода к оценке влияния дискретизации распределения отражающих свойств подстилающей поверхности на энергетические и корреляционные свойства сигналов, имитирующих отражения от нее.

Практическая ценность заключается в разработке методов снижения объема вычислений выполняемых при имитации эхосигналов по цифровой модели земной поверхности.

Достоверность результатов и научных положений обеспечивается строгостью применяемого математического аппарата, а также подтверждением теоретических выводов положительными результатами апробации и внедрения.

Апробация результатов работы и их публикация. Результаты диссертации в полной мере отражены в публикациях автора и прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях. По материалам диссертации опубликовано 17 работ, среди них 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, и 7 работ в изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science или Scopus.

Использование и внедрение результатов работы. Результаты работы использованы при разработке программного обеспечения имитационного комплекса, предназначенного для имитации сигналов, отраженных от поверхности земли. Они также внедрены в учебный процесс.

Замечания по работе

1. В обзоре литературы современным результатам моделирования отражений от земной поверхности (например, программе исследований Массачусетского технологического института (стр. 19)) уделено относительно мало внимания, в то время как относительно старые модели рассмотрены более подробно.

2. В работе рассмотрен метод формирования модели земной поверхности с использованием предварительной фильтрации цифровой карты фильтром нижних частот (стр. 84-98). При этом обоснованы требования только к его частоте среза и не предъявлены требования к неравномерности в полосе пропускания, а также не раскрыты какие фильтры были использованы в разработанном программном обеспечении (стр.115).

3. Не совсем понятна последовательность этапов в алгоритме формирования цифровой модели УЭПР (стр. 106-107). Почему вопрос о

пренебрежении тонкой структурой УЭПР, отказ от которой позволяет значительно сократить количество вычислений, стоит почти в самом конце алгоритма?

Указанные недостатки не снижают ценность и значимость диссертационной работы.

Заключение

Данную диссертацию считаю законченной актуальной, теоретически и практически значимой научно-квалификационной работой. Результаты исследований являются достоверными, прошли достаточную апробацию на конференциях всероссийского и международного уровня, в достаточной степени опубликованы в рецензируемых изданиях.

Считаю, что диссертационная работа Орешкиной М.В. соответствует требованиям, предъявленным к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным ВАК РФ, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Доктор технических наук, профессор, главный специалист АО «Научно-исследовательский институт приборостроения В.В. Тихомирова»

9 августа 2022 г.

Е.Е. Колтышев

Личную подпись Колтышев

З.С.М. начальник отдела кадров

Сведения об организации:

140180, г. Жуковский, ул. Гагарина, 3

АО «Научно-исследовательский институт приборостроения В.В. Тихомирова»

+7(495)556-23-48

<http://www.niip.ru>; niip@niip.ru

Отзыв получен 26.08.2022 *А.В. Степанов М.И.*

С отзывом ознакомлена 26.08.2022

М.В. Орешкина М.В.